

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11201900 A**

(43) Date of publication of application: **30 . 07 . 99**

(51) Int. Cl.

**G01N 21/49**

(21) Application number: **10003770**

(22) Date of filing: **12 . 01 . 98**

(71) Applicant: **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**

(72) Inventor: **YANAGISAWA TAKAYUKI  
HIRANO YOSHIHITO**

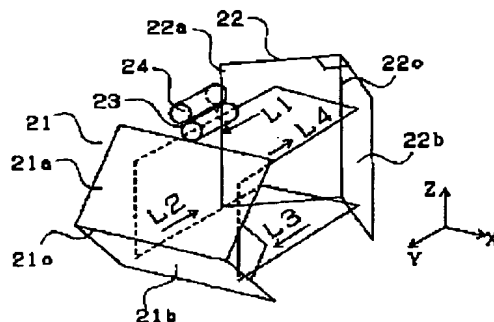
(54) **SELF-COMPENSATION-TYPE LASER  
RESONATOR**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the utilization efficiency of laser beams from decreasing and at the same time improve the quality of the laser beams with simple structure.

SOLUTION: A first reflection device 21 with first and second reflection surfaces 21a and 21b that are arranged at a right angle each other and a second reflection device 22 with third and fourth reflection surfaces 22a and 22b that are arranged at a right angle each other are allowed to oppose each other so that ridges orthogonally cross each other. Then, a laser medium 23 is arranged between the first reflection surface 21a and the third reflection surface 22a, thus preventing laser beams from passing ridges 21c and 22c.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-201900

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月30日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

G 0 1 N 21/49

識別記号

F I

G 0 1 N 21/49

C

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-3770

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月12日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 柳澤 隆行

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72) 発明者 平野 嘉仁

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

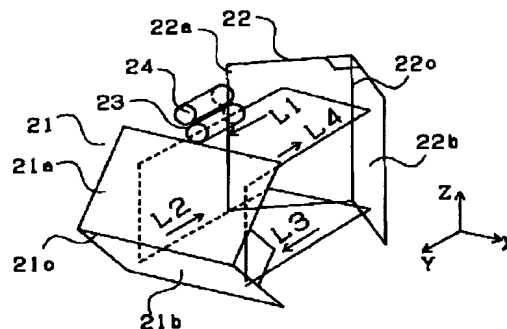
(74) 代理人 弁理士 曾我 道照 (外6名)

(54) 【発明の名称】 自己補償形レーザ共振器

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、簡単な構造で、レーザ光の利用効率の低下を防止するとともに、レーザ光の品質を向上させることを目的とするものである。

【解決手段】 互いに直角に配置された第1及び第2の反射面21a、21bを有する第1の反射装置21と、互いに直角に配置された第3及び第4の反射面22a、22bを有する第2の反射装置22とを、稜線21c、22cが直交するように互いに対向させ、第1の反射面21aと第3の反射面22aとの間にレーザ媒質23を配置し、レーザ光が稜線21c、22cを通らないようにした。



21: 第1の反射装置

21a: 第1の反射面

21b: 第2の反射面

21c: 第1の稜線

22: 第2の反射装置

22a: 第3の反射面

22b: 第4の反射面

22c: 第2の稜線

23: レーザ媒質

24: 光源

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに直角に配置された第1及び第2の反射面を有する第1の反射装置と、

互いに直角に配置された第3及び第4の反射面を有し、上記第1の反射装置に対向している第2の反射装置と、上記第1の反射面と第3の反射面との間に設けられているレーザ媒質と、

このレーザ媒質を励起する光源とを備え、上記第3及び第4の反射面を含む2つの平面がなす第2の稜線は、上記第1及び第2の反射面を含む2つの平面がなす第1の稜線にほぼ直交する面に含まれており、上記レーザ媒質から上記第1の反射面へ向けて出射されたレーザ光は、上記第1の反射面、上記第2の反射面、上記第3の反射面、上記第4の反射面、上記第2の反射面、上記第1の反射面、上記第4の反射面及び上記第3の反射面の順に反射されて上記レーザ媒質に入射されることを特徴とする自己補償形レーザ共振器。

【請求項2】 第1及び第2の反射装置は、互いに直角に配置された2つの平面反射鏡をそれぞれ有していることを特徴とする請求項1記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項3】 各反射装置の2つの平面反射鏡は、それぞれ互いに間隔をおいて配置され、連結部材により互いに連結されていることを特徴とする請求項2記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項4】 第1及び第2の反射装置は、それぞれレーザ光の入射面と、互いに直角に配置された2つの反射面とを有するプリズムであることを特徴とする請求項1記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項5】 プリズムの第1及び第2の稜線の部分が削除されていることを特徴とする請求項4記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項6】 レーザ光の光路には、レーザ光を一方にのみ透過するアイソレータが設けられていることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項7】 第1ないし第4の反射面のいずれか1つの反射面には、レーザ出力用の部分反射鏡が設けられていることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項8】 第1ないし第4の反射面のいずれかの反射面には、レーザ光のP偏光成分及びS偏光成分のうちのいずれか一方を選択的に透過して外部へ出力し、他方を反射する偏光反射手段が設けられており、かつ上記レーザ光の光路には、上記偏光反射手段に対して上記レーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分ける偏光成分調整手段が設けられていることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項9】 レーザ光の光路には、レーザ光のP偏光

成分及びS偏光成分のうちのいずれか一方を選択的に透過し、他方を反射して外部へ出力する偏光反射手段が設けられており、かつ上記レーザ光の光路には、上記偏光反射手段に対して上記レーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分ける偏光成分調整手段が設けられていることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項10】 レーザ光の光路には、レーザ光のP偏光成分及びS偏光成分のうちのいずれか一方を選択的に透過し、他方を反射して外部へ出力する2つの偏光反射手段、ファラデーローテータ及び1/2波長板を有し、レーザ光を一方にのみ透過するアイソレータと、このアイソレータに対して上記レーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分ける偏光成分調整手段とが設けられていることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項11】 偏光成分調整手段は、1/2波長板であることを特徴とする請求項8ないし請求項10のいずれかに記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項12】 偏光成分調整手段は、印可された電圧により複屈折効果が得られる複屈折素子であることを特徴とする請求項8ないし請求項10のいずれかに記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項13】 偏光反射手段からレーザ光の光路にシード光を入射させるシード光発生装置を備えていることを特徴とする請求項8ないし請求項12のいずれかに記載の自己補償形レーザ共振器。

【請求項14】 レーザ光の光路には、レーザ光のビーム径を変換するビーム径変換装置が設けられていることを特徴とする請求項1ないし請求項13のいずれかに記載の自己補償形レーザ共振器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えば人工衛星や航空機等の飛行体に搭載される固体レーザ装置に用いられ、反射面の傾きを補償する自己補償形レーザ共振器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図17は例えばSpringer Series in Optical Sciences Vol. 1「Splid-State Laser Engineering第4版」Walter Koehner著（1995年ドイツSpringer社発行）197ページに示された従来のレーザ共振器を示す構成図である。図において、1、2は互に対向して配置されレーザ光を閉じ込める一対の反射鏡、3は反射鏡1、2間に配置されているレーザ媒質、4はレーザ媒質3を励起する光源、5はレーザ共振器の光軸、6は反射鏡2から反射鏡1へ進むレーザ光の光路、7は反射鏡1から反射鏡2へ進むレーザ光の光路である。

【0003】次に、動作について説明する。上記のようなレーザ共振器では、レーザ光が光路6、7を往復し、同じ光路6、7を通り同じ位相状態を保持するレーザ光のみが選択的に閉じ込められて増幅され、発振モードが形成される。反射鏡1、2が互いに平行に配置されている場合、レーザ光は、反射鏡1、2間で繰り返し反射され、光軸5に平行な光路6、7を往復する。このとき、レーザ光は、励起光源4により励起されたレーザ媒質3を繰り返し通過して増幅されていく。

【0004】これに対し、図18に示すように、一方の反射鏡1が傾斜して反射鏡1、2が平行でなくなった場合、光軸5に平行な光路6を進むレーザ光は、光軸5に対して角度をなす光路8上に反射される。従って、往復したレーザ光は同じ光路を通らず、発振モードを形成することができない。

【0005】このような問題を解決する手段として、上記「Splid-State Laser Engineering」227ページには、図19に示すような自己補償形のレーザ共振器も示されている。図において、11はZ軸に平行な稜線11aを有するルーフプリズム、12はX軸と平行な稜線12aを有するルーフプリズム、13はルーフプリズム11、12に対向して配置されているコーナキューブプリズムであり、このコーナキューブプリズム13とルーフプリズム11との間にレーザ媒質3が配置されている。

【0006】このようなレーザ共振器では、レーザ光は、光軸14上を進行し、ルーフプリズム12上で反射される。ルーフプリズム12で反射されたレーザ光は、コーナキューブ13で折り返され、励起光源4で励起されたレーザ媒質3を透過して増幅される。レーザ媒質3で増幅されたレーザ光は、ルーフプリズム11上で反射されて、再びレーザ媒質3により増幅される。この後、レーザ光は、元の位置に戻り、レーザ共振器内に閉じ込められる。

【0007】次に、図20は図19のルーフプリズム12に入射したレーザ光の反射状態を示す説明図である。図において、稜線12aを挟む反射面12b、12cは、互いに直角に固定され、かつ光軸14とのなす角度が45度になっている。光軸14と平行な光路15を進み、ルーフプリズム12に入射したレーザ光は、反射面12bにより90度、反射面12cにより90度、計180度の方向の変化を与えられる。このようにして反射されたレーザ光の光路16は、やはり光軸14と平行になる。即ち、ルーフプリズム12は、入射したレーザ光を、入射したレーザ光と平行で進行方向が逆方向のレーザ光として反射する。

【0008】また、図21に示すように、ルーフプリズム12が稜線12aを中心軸として角度 $\alpha$ 傾いた場合、反射面12bにより与えられる角度変化は $90-2\alpha$ 、反射面12cにより与えられる角度変化は $90+2\alpha$ と

なり、光路15を進むレーザ光とルーフプリズム12により反射されたレーザ光の光路16の角度変化は計180度となる。従って、稜線12aを中心軸とした傾きが生じた場合でも、ルーフプリズム12は、入射したレーザ光を、入射したレーザ光と平行で進行方向が逆方向のレーザ光として反射する。

【0009】さらに、入射するレーザ光が光軸14に対して傾いた場合も同様に、ルーフプリズム12は、入射したレーザ光を、入射したレーザ光と平行で進行方向が逆方向のレーザ光として反射する。なお、図20及び図21では、説明のため、光路15及び光路16を光軸14からずらして示したが、実際には、従来は、光路15も光路16もビームの中心が光軸14に一致し、レーザ光は稜線12aを含む範囲内に照射され反射される。

【0010】さらにまた、図19に示したように、ルーフプリズム11の稜線11a及びルーフプリズム12の稜線12aを、互いに直交する方向に配置することにより、ルーフプリズム11、12の傾きが互いに補償され、自己補償形のレーザ共振器が構成される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記のように構成された従来の自己補償形レーザ共振器においては、レーザ光がルーフプリズム11、12の稜線11a、12aを含む範囲に照射されるため、回折による損失が生じ、レーザ光の利用効率が低下してしまう。また、微視的には稜線11a、12a上では図20に示したような反射が生じず、稜線11a、12aでレーザ光が切断されるため、レーザ光が2つ又は4つに割れ易く、レーザ光の品質が劣化してしまう。さらに、長い光路長を小さなレーザ共振器で実現しようとした場合、ルーフプリズム11、12とは別に、コーナキューブプリズム13のような折り返しのための光学素子が別に必要となり、レーザ共振器の構成が複雑になってしまう。

【0012】この発明は、上記のような問題点を解決することを課題としてなされたものであり、簡単な構成で、レーザ光の利用効率の低下を防止することができるとともに、レーザ光の品質を向上させることができる自己補償形レーザ共振器を得ることを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、互いに直角に配置された第1及び第2の反射面を有する第1の反射装置と、互いに直角に配置された第3及び第4の反射面を有し、第1の反射装置に対向している第2の反射装置と、第1の反射面と第3の反射面との間に設けられているレーザ媒質と、このレーザ媒質を励起する光源とを備え、第3及び第4の反射面を含む2つの平面がなす第2の稜線は、第1及び第2の反射面を含む2つの平面がなす第1の稜線にほぼ直交する面に含まれ、レーザ媒質から第1の反射面へ向けて出射されたレーザ光は、第1の反射面、第2の反

射面、第3の反射面、第4の反射面、第2の反射面、第1の反射面、第4の反射面及び第3の反射面の順に反射されてレーザ媒質に入射されるものである。

【0014】請求項2の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、互いに直角に配置された2つの平面反射鏡をそれぞれ有する第1及び第2の反射装置を用いたものである。

【0015】請求項3の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、2つの平面反射鏡を、それぞれ互いに間隔をおいて配置し、連結部材により互いに連結したものである。

【0016】請求項4の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、それぞれレーザ光の入射面と、互いに直角に配置された2つの反射面とを有するプリズムを第1及び第2の反射装置として用いたものである。

【0017】請求項5の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、プリズムの第1及び第2の稜線の部分を削除したものである。

【0018】請求項6の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、レーザ光の光路に、レーザ光を一方向にのみ透過するアイソレータを設けたものである。

【0019】請求項7の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、第1ないし第4の反射面のいずれか1つの反射面に、レーザ出力用の部分反射鏡を設けたものである。

【0020】請求項8の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、第1ないし第4の反射面のいずれかの反射面に、レーザ光のP偏光成分及びS偏光成分のうちのいずれか一方を選択的に透過して外部へ出力し、他方を反射する偏光反射手段を設け、かつレーザ光の光路に、偏光反射手段に対してレーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分ける偏光成分調整手段を設けたものである。

【0021】請求項9の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、レーザ光の光路に、レーザ光のP偏光成分及びS偏光成分のうちのいずれか一方を選択的に透過し、他方を反射して外部へ出力する偏光反射手段を設け、かつレーザ光の光路に、偏光反射手段に対してレーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分ける偏光成分調整手段を設けたものである。

【0022】請求項10の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、レーザ光のP偏光成分及びS偏光成分のうちのいずれか一方を選択的に透過し、他方を反射して外部へ出力する2つの偏光反射手段、ファラデーローテータ及び1/2波長板を有し、レーザ光を一方向にのみ透過するアイソレータと、このアイソレータに対してレーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分ける偏光成分調整手段とを、レーザ光の光路に設けたものである。

【0023】請求項11の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、偏光成分調整手段として1/2波長板を用い

たものである。

【0024】請求項12の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、偏光成分調整手段として、印可された電圧により複屈折効果が得られる複屈折素子を用いたものである。

【0025】請求項13の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、偏光反射手段からレーザ光の光路にシード光を入射させるシード光発生装置を備えたものである。

【0026】請求項14の発明に係る自己補償形レーザ共振器は、レーザ光の光路に、レーザ光のビーム径を変換するビーム径変換装置を設けたものである。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図について説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1による自己補償形レーザ共振器を示す構成図である。図において、21は互いに直角に配置された第1及び第2の反射面21a、21bを有する第1の反射装置、22は互いに直角に配置された第3及び第4の反射面22a、22bを有し、第1の反射装置21に対向している第2の反射装置であり、これら第1及び第2の反射装置21、22としては、例えば図2に示すように、互いに直角に配置された2つの平面反射鏡27、28を有するものが用いられる。また、図2には第2の反射装置22のみを示すが、第1の反射装置21についても構成は同様である。

【0028】また、第3及び第4の反射面22a、22bがなす第2の稜線22cは、第1及び第2の反射面21a、21bがなす第1の稜線21cにほぼ直交する面に含まれ、第1及び第2の21a、21bと第3及び第4の反射面22a、22bとが互いに対向するように配置されている。23は第1の反射面21aと第3の反射面22aとの間に設けられているレーザ媒質、24はレーザ媒質23を励起する光源である。

【0029】次に、動作について説明する。光路L1を進むレーザ光は、レーザ媒質23を通過して増幅された後、第1の反射面21a及び第2の反射面21bで順次反射され、光路L1と平行な光路L2を光路L1と反対方向へ進む。光路L2を進むレーザ光は、第3の反射面22a及び第4の反射面22bで順次反射され、光路L2と平行な光路L3を光路L2と反対方向へ進む。光路L3を進むレーザ光は、第2の反射面21b及び第1の反射面21aで順次反射され、光路L3と平行な光路L4を光路L3と反対方向へ進む。

【0030】そして、光路L4を進むレーザ光は、第4の反射面22b及び第3の反射面22aで順次反射され、光路L1へ戻り、レーザ媒質23でさらに増幅される。従って、レーザ光は、第1の反射装置21の稜線21c及び第2の反射装置22の稜線22cの上を通らずに、レーザ共振器内に閉じ込められ増幅されていく。

【0031】このような自己補償形レーザ共振器では、レーザ光が反射装置21、22の稜線21c、22c上を通らないため、稜線21c、22cの回折による損失がなく、レーザ光の利用効率の低下が防止される。また、レーザ光が稜線21c、22cにより切断されないため、レーザ光の品質が向上する。さらに、4つの光路L1～L4を平行に配置することができ、第1及び第2の反射装置21、22以外の反射手段が不要であるため、レーザ共振器の構造を簡単にして小形化を図ることができる。さらにまた、平面反射鏡27、28は重量が軽いため、反射装置21、22及びレーザ共振器全体をさらに軽量化することができる。

【0032】なお、上記の例ではレーザ媒質23を光路L1上に配置したが、光路L1～L4のいずれに配置してもよい。また、複数組のレーザ媒質23及び励起光源24を、複数の光路に配置してもよい。

【0033】実施の形態2. また、稜線21c、22cの部分にはレーザ光が通らないため、平面反射鏡27、28の稜線21c、22cの部分は削除してもよい。即ち、図3に示すように、図2のものよりも面積の小さい平面反射鏡29、30を、互いに間隔をおいて配置し、連結部材31で互いに連結してもよく、レーザ共振器をさらに小形軽量化することができる。

【0034】実施の形態3. 次に、図4はこの発明の実施の形態3による自己補償形レーザ共振器の反射装置を示す斜視図である。この例では、図1の反射装置21、22としてループプリズム25が用いられている。ループプリズム25は、レーザ光の入射面25aと、互いに直角に配置された2つの反射面25b、25cと、稜線25dとを有している。また、入射面25aと反射面25b、25cとがなす角度は、それぞれ45度である。さらに、入射面25a及び反射面25b、25c以外の面（図の上面及び底面）は、レーザ光が通過する部分に干渉しない限り、任意の形状、角度とすることができる。他の構成は、実施の形態1と同様である。

【0035】次に、動作について説明する。レーザ光は入射面25aを透過し、反射面25bにより全反射される。反射面25bにより全反射されたレーザ光は、反射面25cにより全反射され、入射したレーザ光に平行で反対の方向に反射され、入射面25aから出力される。

【0036】次に、この例のループプリズム25を反射装置21、22として用いたレーザ共振器におけるレーザ光の偏光状態の変化について考える。まず、レーザ光が平面上で反射する場合、入射光及び反射光の光線を含む面内で振動する偏光成分をP偏光、入射光及び反射光の光線を含む面に垂直に振動する偏光成分をS偏光とする。レーザ光は、ループプリズム25の反射面25b、25cで反射する際に位相の変化を与えられる。この位相の変化量は、P偏光とS偏光とで異なるため、例えば光路L4における偏光状態が反射面25cに対してP偏

光の成分のみ、又はS偏光の成分のみの場合を除いて、光路L4のレーザ光の偏光状態は光路L1において変化する。

【0037】ここで、光路L1における任意の偏光のx軸成分を $E_x$ 、z軸成分を $E_z$ とし、光路L1からL3へ伝搬するレーザ光の偏光状態を考える。レーザ光のx軸成分 $E_x$ は、光路L1から光路L3へ伝搬する間に、第1の反射装置21によりS偏光として2回反射され、第2の反射装置22によりP偏光として2回反射される。また、レーザ光のz軸成分 $E_z$ は、光路L1から光路L3へ伝搬する間に、第1の反射装置21によりP偏光として2回反射され、第2の反射装置22によりS偏光として2回反射される。

【0038】x軸成分 $E_x$ 、z軸成分 $E_z$ 共に、S偏光の反射による位相変化と、P偏光の反射による位相変化とをそれぞれ2回ずつ受け、位相の変化量がx軸成分 $E_x$ とz軸成分 $E_z$ とで同じ量になるため、光路L1の偏光状態は光路L3において保存される。従って、任意の偏光状態のレーザ光に対して、光路L1と光路L3とは互いに同じ偏光状態を保持し、光路L2と光路L4は互いに同じ偏光状態を保持する。対角線の位置関係にある光路L1、L3、又は光路L2、L4に光学部品を配置すれば、プリズムの反射による偏光状態の変化が打ち消されるため、レーザ共振器の設計が容易になる。

【0039】このように、反射装置21、22としてループプリズム25を用いた場合も、レーザ光が稜線25c上を通らない自己補償形のレーザ共振器を構成することができ、簡単な構成により、レーザ光の利用効率の低下を防止できるとともに、レーザ光の品質を向上させることができる。また、反射面25b、25cの角度のずれが生じにくく、安定した自己補償形レーザ共振器を得ることができる。さらに、対角の関係にある光路では、反射面25b、25cでの反射による偏光状態の変化がないため、レーザ共振器の設計が容易になる。

【0040】実施の形態4. なお、上記の例では稜線25dを有するループプリズム25を示したが、例えば図5に示すように、入射面26aと、互いに直角に配置された反射面26b、26cとを有し、反射面26b、26cを含む2つの平面がなす稜線26d付近を切断したループプリズム26を用いてもよい。即ち、稜線26d付近は、レーザ光が通過しないため、その部分を削除して断面台形としてもよい。また、切断面26eは、レーザ光が通過する部分に干渉しない限り、任意の形状、角度とすることができる。このように、稜線26dの付近を切断したループプリズム26を用いることにより、レーザ共振器全体の軽量化及び小形化を図ることができる。

【0041】実施の形態5. 次に、図6はこの発明の実施の形態5による自己補償形レーザ共振器を示す構成図である。この例では、第2の反射装置22の第4の反射

面22bの一部、即ち光路L4との交差部分にレーザ出力用の部分反射鏡32が設けられている。他の構成は、実施の形態1と同様である。

【0042】このような自己補償形レーザ共振器では、実施の形態1と同様に、レーザ光が光路L1～L4の順で進行し増幅されていく。また、部分反射鏡32では、レーザ光の一部が透過されて外部に出力され、残りが反射されてレーザ共振器内をさらに周回する。このように、第4の反射面22bに部分反射鏡32を設けることにより、簡単な構造でレーザ光出力を得ることができ、また光学部品が少ないため、レーザ光の損失を抑えることができる。

【0043】なお、上記の例では光路L4が第4の反射面22bと交差する部分に部分反射鏡32を設けたが、第1ないし第4の反射面21a、21b、22a、22bのいずれに設けてもよい。

【0044】実施の形態6。次に、図7はこの発明の実施の形態6による自己補償形レーザ共振器を示す構成図である。図において、33は光路L4の途中に配置されている偏光成分調整手段としての1/2波長板、34は光路L4が第4の反射面22bと交差する部分に設けられている偏光反射手段としての偏光反射鏡であり、この偏光反射鏡34は、レーザ光のP偏光を透過し、S偏光を反射する。但し、入射光及び反射光の光線を含む平面内で振動するレーザ光の成分をP偏光、入射光及び反射光の光線を含む平面に垂直に振動するレーザ光の成分をS偏光とする。

【0045】このような自己補償形レーザ共振器では、偏光反射鏡34に対してS偏光のレーザ光のみが偏光反射鏡34で反射されるため、偏光反射鏡34に対してS偏光のレーザ光のみがレーザ共振器内を周回する。

【0046】ここで、図8は図7の自己補償形レーザ共振器におけるレーザ光の偏光成分の変化を示す説明図であり、1/2波長板33及び偏光反射鏡34の前後について示している。1/2波長板33は、偏光方向を任意の角度に回転させる作用を持ち、偏光反射鏡34に対してレーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分けることができる。従って、1/2波長板33を通過したレーザ光が偏光反射鏡34に入射されると、S偏光成分が反射され、P偏光成分がレーザ光としてレーザ共振器外へ出力される。

【0047】このような自己補償形レーザ共振器では、簡単な構造でレーザ光出力を得ることができ、また光学部品が少ないため、レーザ光の損失を抑えることができる。また、1/2波長板33によりP偏光成分とS偏光成分とを任意の割合で分けることができるため、1/2波長板33を選択することにより、レーザ共振器の外部に出力されるレーザ光の割合を任意に変えることができる。

【0048】なお、上記の例では光路L4が第4の反射

面22bと交差する部分に偏光反射鏡34を設けたが、第1ないし第4の反射面21a、21b、22a、22bのいずれに設けてもよい。

【0049】また、上記の例では、レーザ光のP偏光を透過しS偏光を反射する偏光反射鏡34を示したが、レーザ光のS偏光を透過し、P偏光を反射するものとしてもよい。さらに、1/2波長板33は光路L4に配置したが、光路L1～L4のいずれに配置しても良い。

【0050】実施の形態7。さらにまた、上記の例では、偏光反射鏡34を透過したレーザ光が外部へ出力されるように偏光反射鏡34を反射面22b上に配置したが、例えば図9に示すように、光路L4上の1/2波長板33と第4の反射面22bとの間に偏光反射鏡34を配置し、偏光反射鏡34を透過したレーザ光がレーザ共振器内を周回し、偏光反射鏡34で反射されたレーザ光がレーザ共振器外へ出力されるようにしてもよい。

【0051】実施の形態8。次に、図10はこの発明の実施の形態8による自己補償形レーザ共振器を示す構成図である。図において、35は光路L4の途中に設けられ、印可電圧により複屈折効果が得られる偏光成分調整手段として複屈折素子であり、この複屈折素子35としては、例えばリチウムナイオベート(LiNbO<sub>3</sub>)からなるポッケルスセルを有するものが用いられる。36は複屈折素子35に接続されているポッケルスセル電源である。

【0052】このような自己補償形レーザ共振器では、偏光反射鏡34を通過したレーザ光がP偏光の直線偏光となり、偏光反射鏡34に対してP偏光のレーザ光のみがレーザ共振器内を周回される。また、レーザ共振器内を周回するレーザ光は、複屈折素子35に入射される。複屈折素子35は、ポッケルスセル電源36により電圧を印可されることにより、波長板の性質を生じ、直線偏光を円偏光に変換したり、偏光方向を回転させたりすることができる。即ち、印可電圧により、偏光反射鏡34に対してレーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分けることができる。

【0053】このように、複屈折素子35によりP偏光成分とS偏光成分とに分けられたレーザ光は、偏光反射鏡34に入射され、P偏光成分が透過してレーザ共振器内を周回し、S偏光成分がレーザ光としてレーザ共振器外へ出力される。従って、複屈折素子35の印可電圧によりP偏光成分とS偏光成分とを任意の割合で分け、レーザ共振器の外部に出力されるレーザ光の割合を、任意に変えることができる。

【0054】なお、上記の例では、レーザ光のP偏光を透過しS偏光を反射する偏光反射鏡34を示したが、レーザ光のS偏光を透過し、P偏光を反射するものとしてもよい。また、複屈折素子35及び偏光反射鏡34は光路L4に配置したが、光路L1～L4のいずれに配置してもよい。

【0055】実施の形態9. 次に、図11はこの発明の実施の形態9による自己補償形レーザ共振器を示す構成図である。図において、36は光路L4の途中に設けられているアイソレータである。また、図12は図11のアイソレータの原理を説明する説明図であり、アイソレータ36は、第1の偏光反射鏡37、ファラデーローテータ38、1/2波長板39及び第2の偏光反射鏡40を有している。さらに、偏光反射鏡37、40は、いずれも偏光反射手段としてレーザ光のS偏光を反射し、P偏光を透過するものである。

【0056】このような自己補償形レーザ共振器では、アイソレータ36に入射したレーザ光は、まず第1の偏光反射鏡37を通過することにより、x軸方向の直線偏光にされる。この後、レーザ光は、ファラデーローテータ38により偏光方向をx軸からz軸方向に45度回転される。ファラデーローテータ38を透過したレーザ光は、1/2波長板39で、偏光方向をz軸からx軸方向に45度回転される。さらに、1/2波長板39を透過したレーザ光は、第2の偏光反射鏡40を透過する。

【0057】ここで、アイソレータ36に第2の偏光反射鏡40側からレーザ光が入射した場合を考える。第2の偏光反射鏡40を透過したレーザ光は、1/2波長板39で偏光方向をx軸からz軸方向に45度回転される。この後、レーザ光は、ファラデーローテータ38により偏光方向をx軸からz軸方向に45度回転される。従って、ファラデーローテータ38を透過した光の偏光方向は、z軸方向となる。z軸方向の偏光を持つレーザ光は、第1の偏光反射鏡37を透過することはできず、全て偏光反射鏡37により外部へ出力される。従って、アイソレータ36は、レーザ光を一方方向のみ通過させる作用を持つことになる。

【0058】このようなアイソレータ36を設けたレーザ共振器では、レーザ共振器を周回するレーザ光の方向を一方方向に規定することができ、レーザ光を安定させることができる。

【0059】なお、上記の例では、偏光反射鏡37、40としてレーザ光のS偏光を反射し、P偏光を透過するものを示したが、レーザ光のP偏光を反射し、S偏光を透過するものでもよい。また、アイソレータ36は光路L4に配置したが、光路L1～L4のいずれに配置してもよい。

【0060】実施の形態10. 次に、図13はこの発明の実施の形態10による自己補償形レーザ共振器を示す構成図である。この例では、実施の形態9と同様のアイソレータ36の上流側に1/2波長板41が配置されている。

【0061】このような自己補償形レーザ共振器では、1/2波長板41により、レーザ光がアイソレータ36の第1の偏光反射鏡37に対して任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分けられる。そして、ここではP偏

光成分が透過してレーザ共振器内を周回し、S偏光成分がレーザ光としてレーザ共振器外へ出力される。従って、レーザ光の周回方向を一方方向に規定しつつ、レーザ共振器外部に出力されるレーザ光の割合を任意に調整することができる。また、アイソレータ36の偏光反射鏡37をレーザ出力用としても兼用できるため、光学部品を少なくすることができ、レーザ光の損失を低減することができるとともに、レーザ共振器全体を小形化することができる。

【0062】なお、上記の例では、偏光反射鏡37としてレーザ光のS偏光を反射し、P偏光を透過するものを示したが、レーザ光のP偏光を反射し、S偏光を透過するものでもよい。また、上記の例では、アイソレータ36及び1/2波長板41を光路L4に配置したが、光路L1～L4のいずれに配置してもよい。

【0063】さらに、1/2波長板41の代わりに、実施の形態8(図10)で示したような複屈折素子35を用いてもよい。この場合、レーザ共振器を周回する方向を一方方向に規定しつつ、レーザ共振器外部に出力されるレーザ光の割合を、ボッケルスセルに印可する電圧により任意に変えることができる。

【0064】実施の形態11. 次に、図14はこの発明の実施の形態11による自己補償形レーザ共振器を示す構成図である。図において、42はレーザ共振器に単波長の光、即ちシーダ(Seed)光を入射させるシーダ光発生装置であり、このシーダ光発生装置42は、例えば光ファイバ等により構成されたシーダ光用光路(図示せず)を介して偏光反射鏡34の光路L4との交点にシーダ光を入射する。入射されたシーダ光は、偏光反射鏡34で反射されて光路L4上を進む。他の構成は、実施の形態7と同様である。

【0065】次に、動作について説明する。レーザ媒質23は、励起光源24により励起され、レーザ共振器の安定したモードに結合することにより、レーザ発振を生じる。しかし、励起されたレーザ媒質23から初期に放出される光は、蛍光と呼ばれる自然放出光のみであり、この自然放出光をレーザ共振器内で周回させて徐々に増幅するには長時間を要する。また、自然放出光は、色々な波長を含んでおり、それぞれの波長が増幅されてしまう。

【0066】そこで、シーダ光発生装置42で生成された単波長のシーダ光を、運転開始時にレーザ共振器に入射する。入射されたシーダ光は、レーザ共振器内を周回して増幅され、シーダ光と同じ周回方向の発振モードにレーザ発振を生じる。これに対し、シーダ光と反対方向に周回する光は自然放出光のみであり、この自然放出光が増幅されレーザ発振を生ずるためには長い時間を必要とする。従って、シーダ光と反対方向に周回する安定モードがレーザ発振する前に、シーダ光と同じ方向に周回する安定モードのレーザ発振によりレーザ媒質23に蓄



えられたエネルギーが費やされるため、レーザ発振はシーダ光と同じ方向に規定される。

【0067】このように、レーザ共振器にシーダ光を入射することにより、レーザ光がレーザ共振器を周回する方向を一方に規定することができ、また単波長で高品質なレーザ光を得ることができる。また、レーザ出力用の偏光反射鏡34をシーダ光の入射用に利用できるため、少ない光学部品でレーザ光の周回方向を一方に規定でき、レーザ品質を向上させることができるとともに、レーザ共振器を小形化することができる。

【0068】実施の形態12. 次に、図15はこの発明の実施の形態12による自己補償形レーザ共振器を示す構成図である。図において、45は光路L4の途中に設けられ、レーザ光のビーム径を変換するビーム径変換装置であり、このビーム径変換装置45は、例えば図16に示すように、凹レンズ46と凸レンズ47とを有している。

【0069】ここで、凹レンズ46の焦点距離を $-f_1$ 、凸レンズ47の焦点距離を $f_2$ 、凹レンズ46と凸レンズ47との間隔をDとすると、ビーム径変換装置45の焦点距離 $f$ は、 $f = (-f_1 \times f_2) / (-f_1 + f_2 - D)$ で表される。D $=f_2 - f_1$ のとき、ビーム径変換装置45の焦点距離は $\infty$ となり、凹レンズ46側のビーム径を1とした場合、凸レンズ47側のビーム径は $f_2 / f_1$ 倍に変換される。従って、凹レンズ46及び凸レンズ47の焦点距離を適当に選択することにより、ビーム径を自由に調節することができる。

【0070】このようなレーザ共振器の発振モードは、レーザ共振器を周回するレーザ光のビーム径に依存するので、ビーム径変換装置45の変換倍率を調整することにより、レーザ共振器の発振モードを調整することができる。また、レーザ共振器の発振モードを調整することにより、レーザ共振器を周回するレーザ光のビームの形状を調整することが容易となる。

【0071】なお、上記の例ではビーム変換装置45を光路L4に配置したが、光路L1~L4のいずれに配置してもよい。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明の自己補償形レーザ共振器は、互いに直角に配置された第1及び第2の反射面を有する第1の反射装置と、互いに直角に配置された第3及び第4の反射面を有する第2の反射装置とを稜線がほぼ直交するように互いに対向させ、第1の反射面と第3の反射面との間にレーザ媒質を配置したので、レーザ媒質から第1の反射面へ向けて出射されたレーザ光が、第1の反射面、第2の反射面、第3の反射面、第4の反射面、第2の反射面、第1の反射面、第4の反射面及び第3の反射面の順に反射されてレーザ媒質に入射され、レーザ光が反射装置の稜線を通らず、従って稜線の回折による損失がなく、レーザ光の

利用効率の低下を防止することができる。また、レーザ光が稜線により切断されないため、レーザ光の品質を向上させることができる。さらに、レーザ共振器の構造を簡単にして小形化を図ることができる。

【0073】請求項2の発明の自己補償形レーザ共振器は、互いに直角に配置された2つの平面反射鏡をそれぞれ有する第1及び第2の反射装置を用いたので、レーザ共振器全体を軽量化することができる。

【0074】請求項3の発明の自己補償形レーザ共振器は、2つの平面反射鏡を、それぞれ互いに間隔をおいて配置し、連結部材により互いに連結したので、2つの平面反射鏡を直接交差させて固定する必要がなく、反射装置を小形化することができる。

【0075】請求項4の発明の自己補償形レーザ共振器は、第1及び第2の反射装置としてプリズムを用いたので、反射面の角度のずれが生じにくく、安定した自己補償形レーザ共振器を得ることができる。また、対角の関係にある光路では、反射面での反射による偏光状態の変化がないため、レーザ共振器の設計が容易になる。

【0076】請求項5の発明の自己補償形レーザ共振器は、プリズムの第1及び第2の稜線の部分を削除したので、反射装置を小形化することができる。

【0077】請求項6の発明の自己補償形レーザ共振器は、レーザ光の光路に、レーザ光を一方にのみ透過するアイソレータを設けたので、レーザ共振器を周回するレーザ光の方向を一方に規定することができ、レーザ光を安定させることができる。

【0078】請求項7の発明の自己補償形レーザ共振器は、第1ないし第4の反射面のいずれか1つの反射面に、レーザ出力用の部分反射鏡を設けたので、簡単な構造で容易にレーザ光を出力することができる。

【0079】請求項8の発明の自己補償形レーザ共振器は、第1ないし第4の反射面のいずれかの反射面に、レーザ光のP偏光成分及びS偏光成分のうちのいずれか一方を選択的に透過して外部へ出力し、他方を反射する偏光反射手段を設け、かつレーザ光の光路に、偏光反射手段に対してレーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分ける偏光成分調整手段を設けたので、レーザ共振器の外部に出力されるレーザ光の割合を任意に変えることができる。

【0080】請求項9の発明の自己補償形レーザ共振器は、レーザ光の光路に、レーザ光のP偏光成分及びS偏光成分のうちのいずれか一方を選択的に透過し、他方を反射して外部へ出力する偏光反射手段を設け、かつレーザ光の光路に、偏光反射手段に対してレーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分ける偏光成分調整手段を設けたので、レーザ共振器の外部に出力されるレーザ光の割合を任意に変えることができる。

【0081】請求項10の発明の自己補償形レーザ共振器は、レーザ光のP偏光成分及びS偏光成分のうちのい

いずれか一方を選択的に透過し、他方を反射して外部へ出力する2つの偏光反射手段、ファラデーデータ及び1/2波長板を有し、レーザ光を一方にのみ透過するアイソレータと、このアイソレータに対してレーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分ける偏光成分調整手段とを、レーザ光の光路に設けたので、レーザ共振器の外部に出力されるレーザ光の割合を任意に変えることができるとともに、レーザ共振器を周回するレーザ光の方向を一方に規定することができ、レーザ光を安定させることができる。また、アイソレータの偏光反射手段をレーザ光の出力用に兼用したので、光学部品を少なくしてレーザ光の損失を少なくして効率を上げることができるとともに、全体を小形化することができる。

【0082】請求項11の発明の自己補償形レーザ共振器は、偏光成分調整手段として1/2波長板を用いたので、簡単な構造でレーザ光を任意の割合でP偏光成分とS偏光成分とに分けることができる。

【0083】請求項12の発明の自己補償形レーザ共振器は、偏光成分調整手段として、印可された電圧により複屈折効果が得られる複屈折素子を用いたので、P偏光成分とS偏光成分との割合を容易に調整することができる。

【0084】請求項13の発明の自己補償形レーザ共振器は、シード光発生装置で発生したシード光を偏光反射手段からレーザ光の光路に入射させるようにしたので、レーザ光がレーザ共振器を周回する方向を一方に規定することができ、また単波長で高品質なレーザ光を得ることができる。また、レーザ出力用の偏光反射手段をシード光の入射用に利用できるため、少ない光学部品でレーザ光の周回方向を一方に規定でき、レーザ品質を向上させ、損失を少なくして効率を上げることができるとともに、レーザ共振器を小形化することができる。

【0085】請求項14の発明の自己補償形レーザ共振器は、レーザ光の光路に、レーザ光のビーム径を変換するビーム径変換装置を設けたので、レーザ共振器の発振モードを調整して、レーザ共振器を周回するレーザ光のビームの形状を調整することが容易となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による自己補償形レーザ共振器を示す概略の構成図である。

【図2】 図1の反射装置の一例を示す斜視図である。

【図3】 この発明の実施の形態2による自己補償形レーザ共振器の反射装置を示す斜視図である。

【図4】 この発明の実施の形態3による自己補償形レーザ共振器の反射装置を示す斜視図である。

【図5】 この発明の実施の形態4による自己補償形レーザ共振器の反射装置を示す斜視図である。

【図6】 この発明の実施の形態5による自己補償形レーザ共振器を示す概略の構成図である。

【図7】 この発明の実施の形態6による自己補償形レーザ共振器を示す概略の構成図である。

【図8】 図7の自己補償形レーザ共振器におけるレーザ光の偏光成分の変化を示す説明図である。

【図9】 この発明の実施の形態7による自己補償形レーザ共振器を示す概略の構成図である。

【図10】 この発明の実施の形態8による自己補償形レーザ共振器を示す概略の構成図である。

【図11】 この発明の実施の形態9による自己補償形レーザ共振器を示す概略の構成図である。

【図12】 図11のアイソレータの原理を説明する説明図である。

【図13】 この発明の実施の形態10による自己補償形レーザ共振器を示す概略の構成図である。

【図14】 この発明の実施の形態11による自己補償形レーザ共振器を示す概略の構成図である。

【図15】 この発明の実施の形態12による自己補償形レーザ共振器を示す概略の構成図である。

【図16】 図15のビーム径変換装置の一例を示す構成図である。

【図17】 従来のレーザ共振器の一例を示す構成図である。

【図18】 図17の一方の反射鏡が傾斜した場合を示す構成図である。

【図19】 従来の自己補償形レーザ共振器の一例を示す構成図である。

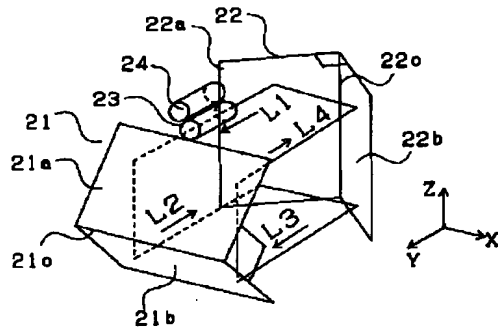
【図20】 図19のルーフプリズムに入射したレーザ光の反射状態を示す説明図である。

【図21】 図20のルーフプリズムが傾斜した状態を示す説明図である。

#### 【符号の説明】

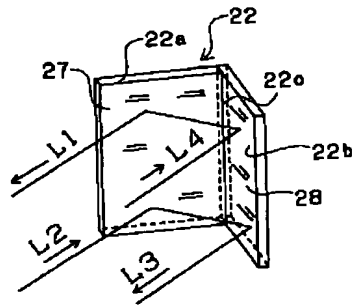
21 第1の反射装置、21a 第1の反射面、21b 第2の反射面、21c 第1の稜線、22 第2の反射装置、22a 第3の反射面、22b 第4の反射面、22c 第2の稜線、23 レーザ媒質、24 光源、25、26ルーフプリズム、25a、26a 入射面、25b、25c、26b、26c 反射面、27、28、29、30 平面反射鏡、31 連結部材、32 部分反射鏡、33、39、41 1/2波長板（偏光成分調整手段）、34 偏光反射鏡（偏光反射手段）、35 複屈折素子（偏光成分調整手段）、36 アイソレータ、37 第1の偏光反射鏡（偏光反射手段）、38 ファラデーデータ、40 第2の偏光反射鏡（偏光反射手段）、42 シード光発生装置、45 ビーム径変換装置。

【図1】



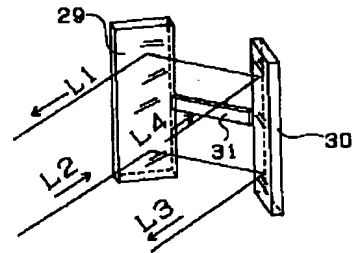
- 21: 第1の反射装置  
 21a: 第1の反射面  
 21b: 第2の反射面  
 21o: 第1の稜線  
 22: 第2の反射装置  
 22a: 第3の反射面  
 22b: 第4の反射面  
 22o: 第2の稜線  
 23: レーザ媒質  
 24: 光源

【図2】



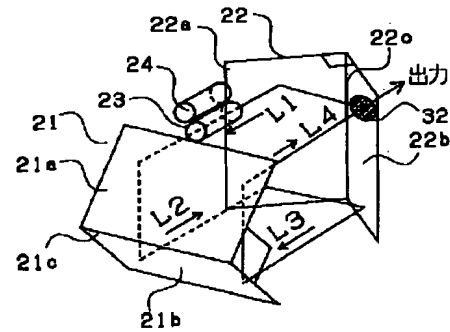
27, 28: 平面反射鏡

【図3】



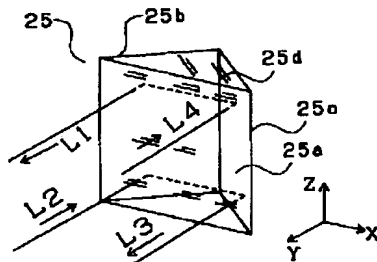
29, 30: 平面反射鏡  
 31: 連結部材

【図6】



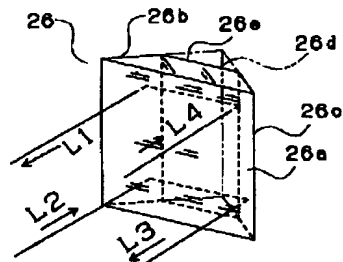
32: 部分反射鏡

【図4】



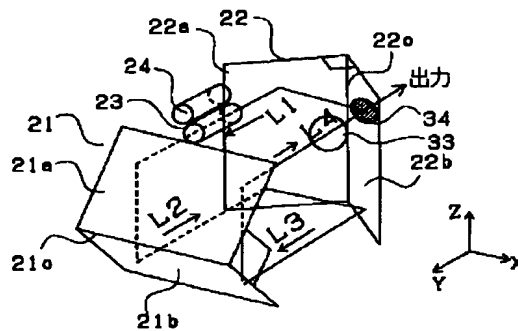
25: ルーフプリズム  
 25a: 入射面  
 25b, 25o: 反射面

【図5】



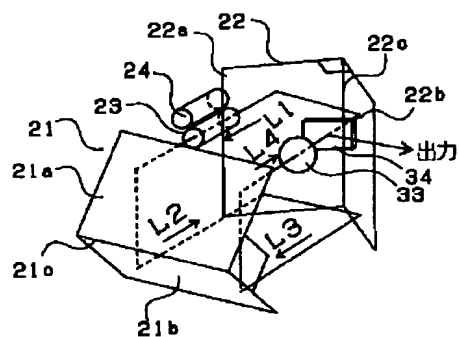
26: ルーフプリズム  
 26a: 入射面  
 26b, 26o: 反射面

【図7】

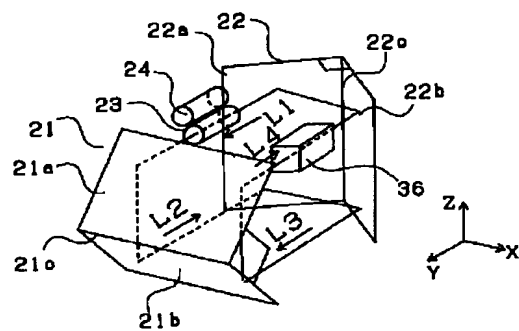


33: 1/2波長板 (偏光成分調整手段)  
 34: 偏光反射鏡 (偏光反射手段)

【図9】



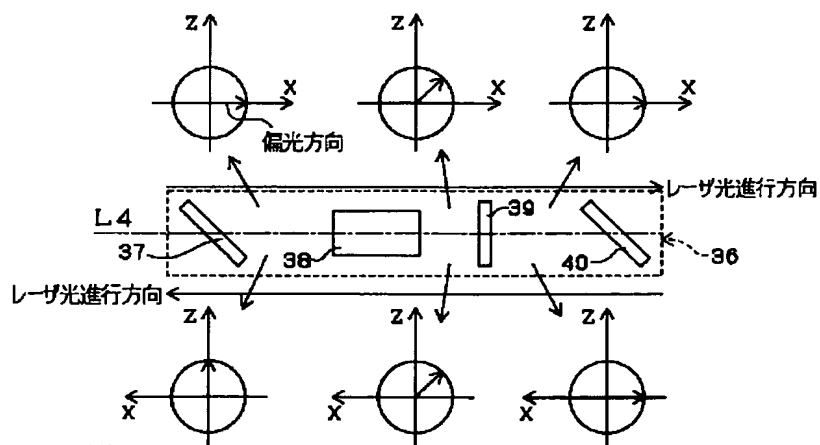
【图 1 1】



36: アイソレータ

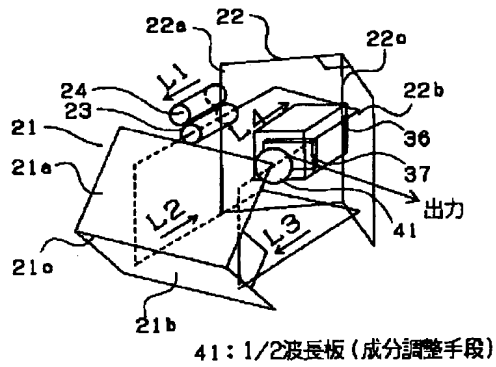
### 35:複屈折素子(偏光成分調整手段)

【图 1 2】

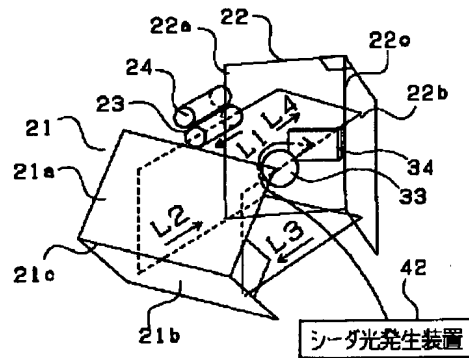


#### 40: 第2の偏光反射鏡

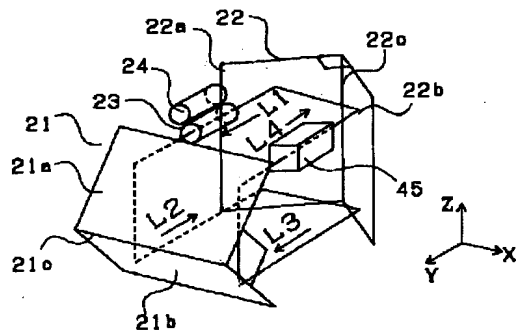
【図13】



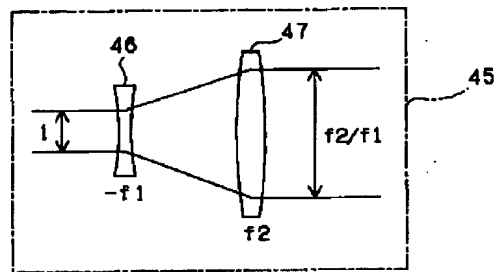
【図14】



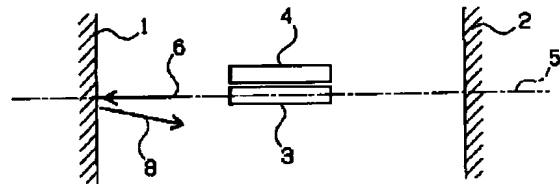
【図15】



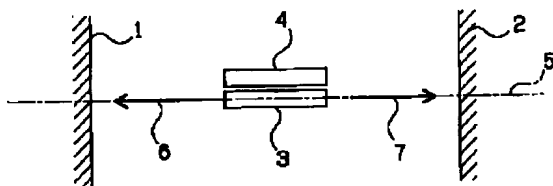
【図16】



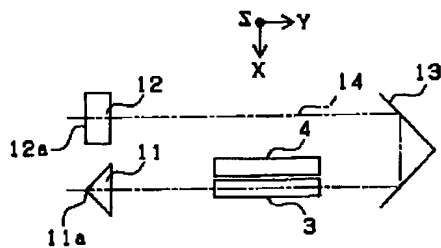
【図18】



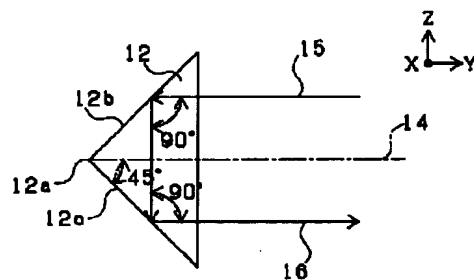
【図17】



【図19】



【図20】



【図 2 1】

